



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1015-2022

Informe de Revisión de Normativa

Propuesta de actualización de la Sección 551 – Pilotes hincados del manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020



Proyecto El Sifón – La Abundancia – RN 35

Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica
Agosto, 2022



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1015-2022

Fecha: 03 de agosto de 2022

Página 2 de 53

Página intencionalmente dejada en blanco



| | | |
|---|---|---|
| 1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1015-2022 | | 2. Copia No. 1 |
| 3. Título y subtítulo: Propuesta de actualización de la Sección 551 – Pilotes hincados del manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2020 | | 4. Fecha del Informe 03 de agosto de 2022 |
| 5. Organización y dirección: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 | | |
| 6. Notas complementarias Ninguna. | | |
| 7. Resumen Este informe sobre la actualización de la sección 551 – Pilotes hincados del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2020, es un producto del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR, por solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) mediante el Memorando LM-PI-UNAT-03-2021 con fecha de 29 de enero de 2021, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603. | | |
| 8. Palabras clave CR-2020, FP-14, AASHTO, construcción, especificaciones, puentes | 9. Nivel de seguridad: | 10. Núm. de páginas 53 |
| 11. Diseño y elaboración: Ing. Francisco Rodríguez Bardía Programa de Ingeniería Estructural | 12. Revisión por: Ing. Julian Trejos Villalobos Coordinador, Unidad de Puentes | 13. Revisado y aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD Coordinador, Programa de Ingeniería Estructural |
| 13. Revisión Legal por: Lic. Nidia Segura Jiménez Asesora Legal LanammeUCR | | |



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1015-2022

Fecha: 03 de agosto de 2022

Página 4 de 53

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta los resultados de la revisión de la sección 551 del Manual CR-2020 tomando como referencia el FP-14 y el AASHTO Construcción 2017, con el fin de proponer mejoras y actualizaciones a la sección del CR-2020 indicada.

En la Tabla R.1 se muestran los hallazgos principales de la revisión realizada y las recomendaciones de mejora para cada hallazgo.

Tabla R1. Observaciones y recomendaciones principales de la revisión de la sección 551 del CR-2020

| Observación | Recomendación |
|--|---|
| La sección 551 del CR-2020 está basada en la sección 551 del FP-03. Este último es una versión obsoleta del FP. | Se recomienda que la sección 551 del CR-2020 sea actualizada a la sección 551 del FP-14 según se muestra en el Anexo 1 de este documento. |
| La sección 551 del FP-14 presenta una distribución diferente a la sección 551 del CR-2020. | Se recomienda reacomodar la sección 551 del CR-2020 siguiendo la estructura de la sección 551 del FP-14, según se muestra en el Anexo 1 de este informe. |
| La sección 551 del CR-2020 contiene algunos errores de redacción y traducción que pueden dificultar su comprensión y evitar que se transmita adecuadamente el contenido de las especificaciones base FP. | Se recomienda realizar las correcciones de redacción y traducción que se muestran en el Anexo 1 de este informe. |
| La sección 551 del CR-2020 contiene errores de conversión de unidades provenientes del FP-03 que fueron corregidos en el FP-14. | Se recomienda que se realicen las correcciones correspondientes en la sección 551 del CR-2020, como se muestra en el Anexo 1 de este informe. |
| El AASHTO Construcción 2017 contiene especificaciones relevantes que no se encuentran incluidas en la sección 551 del CR-2020. | Se propone incluir en la sección 551 del CR-2020 el contenido de los incisos 4.4.1, 4.4.2.2.3, 4.1, 4.4.5.1, 4.4.4.2 y 4.4.7.2 del AASHTO Construcción 2017 como complemento a las especificaciones actuales. |



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1015-2022

Fecha: 03 de agosto de 2022

Página 6 de 53

Página intencionalmente dejada en blanco



TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 9 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 3. ALCANCE | 10 |
| 4. PROCEDIMIENTO | 10 |
| 5. HALLAZGOS GENERALES DE LA REVISIÓN | 11 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 12 |
| 7. COMENTARIOS FINALES..... | 13 |
| 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 14 |
| ANEXO 1..... | 16 |



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1015-2022

Fecha: 03 de agosto de 2022

Página 8 de 53

Página intencionalmente dejada en blanco



1. INTRODUCCIÓN

En este informe se presenta la propuesta de actualización de la sección 551 – Pilotes hincados de las Especificaciones Generales Para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020, el cual es un producto preparado por el Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR, por solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) mediante el Memorando LM-PI-UNAT-03-2021 con fecha de 29 de enero de 2021, y de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603.

El Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, denominado de aquí en adelante como CR-2010, fue elaborado con el fin de sistematizar y uniformar los procedimientos empleados en el desarrollo y conservación de la red vial nacional. Para su preparación se utilizó como documento base la publicación titulada: Standard Specifications of Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects en su versión del 2003 y de 1996, denominadas de aquí en adelante como el FP-03 y el FP-96, respectivamente.

Posteriormente, el Manual CR-2010 sufrió una actualización de algunas de sus secciones en el año 2020, denominada Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020 y denominado de aquí en adelante como CR-2020. Esta actualización toma en consideración la nueva versión del documento base titulado Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects en su versión del 2014, denominada de aquí en adelante como el FP-14, en conjunto con las disposiciones del documento titulado AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications 14th edition, 2017, denominado de aquí en adelante como el AASHTO Construcción 2017.

Este informe presenta una revisión de la sección 551 – Pilotes hincados, de la división 500 del CR-2020, debido a que esta es una de las secciones que no fueron actualizadas considerando lo dispuesto en la FP-14.



2. OBJETIVOS

El objetivo de este informe es revisar el contenido de las especificaciones incluidas en la Sección 551 – Pilotes hincados del CR-2020, tomando como referencia el FP-14 y el AASHTO Construcción 2017, con el fin de proponer mejoras y actualizaciones.

Para realizar este trabajo se definieron los siguientes objetivos específicos:

- a) Contrastar el contenido de la sección 551 del CR-2020 con la sección correspondiente del FP-96, FP-03 y FP-14 y del AASHTO Construcción 2017.
- b) Revisar la redacción de la sección 551 del manual CR-2020 con respecto a lo expresado en idioma inglés en el FP-14.
- c) Presentar los hallazgos obtenidos a partir de la comparación de la sección 551 del CR-2020 con respecto al FP-14 y AASHTO Construcción 2017.
- d) Elaborar una propuesta de mejoras y actualización de la sección 551 del CR-2020 en un documento de Microsoft Word utilizando control de cambios.

3. ALCANCE

La sección cubierta en este informe es la denominada 551 – Pilotes hincados. Los documentos contra los que se revisó la sección mencionada fueron el FP-14, FP-03, FP-96 y AASHTO Construcción 2017.

4. PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido para la elaboración de las propuestas de mejora y actualización es el siguiente:

1. Se realiza una comparación entre la sección 551 del CR-2020 y las secciones correspondientes del FP-14 para detectar las diferencias entre ambas publicaciones. También se compara la sección 551 del CR-2020 con los FP-03 y FP-96 para detectar cuáles de las diferencias encontradas en la comparación con el FP-14 se deben a actualizaciones del estado del arte en la construcción de puentes.



2. Con base en la investigación realizada, se propone la eliminación, inclusión o modificación de especificaciones o secciones del CR-2020 según se considere apropiado. Durante este paso se revisa también la traducción y el orden de la sección 551 del CR-2020 en comparación con el FP-14.
3. Se registran todos los hallazgos mediante comentarios en un documento de Word utilizando la herramienta integrada de control de cambios (ver Anexo 1).
4. Para cada uno de los hallazgos se elaboran propuestas de modificación, las cuales se documentan en Microsoft Word mediante la herramienta integrada de control de cambios (ver Anexo 1).

Las secciones de los documentos de referencia contra las cuales se realizó la comparación son: la Sección 551 de los FP-14, FP-03 y FP-96, y la Sección 4 del AASHTO Construcción 2017.

5. HALLAZGOS GENERALES DE LA REVISIÓN

De manera general, se detectaron deficiencias recurrentes en la sección 551 del CR-2020, las cuales se enlistan a continuación:

- a) Se detectaron diferencias de forma y fondo entre el CR-2020 y el FP-14, debido a que la sección 551 del CR-2020 está basada en la norma obsoleta FP-03.
- b) La sección 551 del CR-2020 está distribuida de manera diferente a la sección 551 del FP-14, esto debido a que el CR-2020 se basó en el FP-03 para su elaboración, la cual tiene una organización diferente.
- c) La sección 551 del CR-2020, basada en el FP-03 contiene errores de redacción y de traducción de los documentos base, lo que impide que en el CR-2020 se transmita adecuadamente el contenido del FP-03 o FP-14.
- d) Se detectaron diferencias en magnitudes de algunas de las especificaciones entre el CR-2020 y el FP-14, ya que el FP-03 contiene errores de conversión de unidades entre el SI y el USC. Estos errores fueron subsanados en el FP-14.
- e) Se identificó que el AASHTO Construcción 2017 contiene especificaciones relevantes que no se encuentran incluidas en el FP-14, ni en el CR-2020 y que se considera que



se deberían incluir al CR-2020 para contar con especificaciones lo más completas posibles.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La sección 551 del CR-2020 está basada en el FP-03, la cual se encuentra obsoleta. Por lo tanto, se propone su actualización y mejora, según se muestra en el Anexo 1 de este documento.

La sección 551 de CR-2020 posee una distribución distinta al FP-14 por estar basada en el FP-03. Se considera que la distribución del FP-14 permite una lectura y comprensión fácil, por lo que se recomienda reestructurar la sección 551 del CR-2020 siguiendo una estructura similar a la del FP-14, tal y como se muestra en el Anexo 1 de este informe.

El CR-2020 contiene algunos errores de redacción y traducción que pueden dificultar su comprensión y evitar que el contenido de las especificaciones base se transmita de forma adecuada, por lo que se recomienda realizar las correcciones de redacción y traducción que se muestran en el Anexo 1 de este informe.

La sección 551 del CR-2020 contiene errores de conversión de unidades provenientes del FP-03 que sí fueron corregidos en el FP-14. Por lo tanto, se recomienda que se realicen las correcciones correspondientes en la sección 551 del CR-2020, como se muestra en el Anexo 1 de este informe.

El AASHTO Construcción 2017 contiene especificaciones relevantes que no se encuentran incluidas en la sección 551 del CR-2020, por lo que se propone incluir en este último documento el contenido de los incisos 4.4.1, 4.4.2.2.3, 4.1, 4.4.5.1 y 4.4.4.2 del AASHTO Construcción 2017 como complemento a las especificaciones actuales. En el anexo 1 de este informe se pueden observar los textos incluidos y su ubicación, sugerida en el orden general de la especificación CR-2022.



7. COMENTARIOS FINALES

Todas las propuestas de actualización al CR-2020 mostradas en el anexo 1 de este informe son recomendaciones y queda bajo criterio de la UNAT definir cuáles serán las que formarán parte de la próxima versión de especificaciones. Todas las propuestas están orientadas a un mejoramiento general de la sección 551 del CR-2020.

En cuanto a la simbología utilizada con la herramienta de control de cambios, el texto con tachado a doble línea (~~ejemplo~~) indica traslado desde esa ubicación y el texto subrayado a doble línea (ejemplo) indica traslado hacia esa ubicación. Adicionalmente, el texto tachado a línea simple (~~ejemplo~~) indica eliminación de información existente, mientras que el texto subrayado a línea simple (ejemplo) significa inclusión de información nueva.

Se toma como base para la revisión las normas el FP-14 y AASHTO Construcción 2017 debido a que estas son las versiones vigentes de dichos documentos, los cuales representan el estado del arte en cuanto a construcción de puentes se refiere.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition*. Washington, D.C.: AASHTO.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. San José: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2020). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2020*. San José: MOPT.

U. S. Department of Transportation. (1996). *FP-96 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

U. S. Department of Transportation. (2003). *FP-03 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

U. S. Department of Transportation. (2014). *FP-14 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-1015-2022

Fecha: 03 de agosto de 2022

Página 15 de 53

Página intencionalmente dejada en blanco



ANEXO 1



Página intencionalmente dejada en blanco



SECCIÓN 551 HINCA DE PILOTES

551.01 Descripción

Este trabajo consiste en ~~proveer la provisión~~ e ~~hincar hincado de~~ pilotes. Este trabajo también ~~comprende incluye~~ el suministro y la colocación del acero de refuerzo y del concreto ~~utilizado~~ en pilotes con ~~cubierta tubos~~ de acero ~~de pared delgada~~ rellenos con concreto y en pilotes de tubo rellenos con concreto.

~~Los pilotes son clasificados como: pilotes de acero con sección H, pilotes de cubierta de acero rellenos de concreto, pilotes de tubo rellenos con concreto, pilotes de concreto prefabricado, pilotes de concreto preesforzados, tablestacas, y pilotes de madera. Las pruebas de carga en los pilotes se especifican como estáticas o dinámicas.~~

551.02 Materiales

Deben estar en conformidad con las siguientes Subsecciones:

| | |
|--|-------------------|
| Concreto estructural | 552 |
| Pilotes de concreto | 715.03 |
| Lechada | 725.22 |
| Pintura | 708 |
| Refuerzos en punta de pilotes | 715.08 |
| Acero de presfuerzo | 709.03 |
| Acero de refuerzo | 709.01 |
| Acero preesforzado | 709.03 |
| Pilotes de madera sin tratar | 745.04 |
| Pilotes de madera tratados | 745.02 |
| Pilotes de concreto | 745.03 |
| Tablestacas | 715.07 |
| Empalmes | 715.09 |
| Pilotes de acero estructural tipo H | 715.06 |

Comentado [FR1]: En FP-14 555.01 se elimina este párrafo con respeto a FP-03. La clasificación de los pilotes no se menciona en el documento y las pruebas de carga ya se encuentran definidas en el cuerpo de la especificación.
Se recomienda eliminar de CR-2020 según se muestra.



| | |
|--|---------------|
| <u>Tubos circulares de acero</u> | <u>715.05</u> |
| <u>Cascos de acero</u> <u>Tubos de pared delgada</u> | <u>715.04</u> |
| <u>Tubos de acero</u> | <u>715.05</u> |
| <u>Pilotes de acero estructural tipo H</u> | <u>715.06</u> |
| <u>Tablestacas</u> | <u>715.07</u> |
| <u>Zapatas de pilotes</u> | <u>715.08</u> |
| <u>Traslapes</u> | <u>715.09</u> |
| <u>Concreto estructural</u> | <u>552</u> |
| <u>Pilotes de madera tratada</u> | <u>715.02</u> |
| <u>Pilotes de madera sin tratar</u> | <u>715.01</u> |
| <u>Lechada</u> | <u>725.22</u> |

Comentado [FR2]: Revisar todas las referencias de la lista una vez que se actualice el CR-2020.

Requerimientos para la construcción

551.03 Cualificaciones

Para la aprobación del personal, se debe suministrar lo solicitado a continuación al menos 30 días previo al inicio de las operaciones de hincado de pilotes:

- (a) Ingeniero profesional: nombre del ingeniero y currículum donde se demuestre al menos tres años de experiencia en análisis de ecuación de ondas para realizar el análisis de ecuación de onda.
- (b) Consultor especialista en pilotes: Cuando se requieran pruebas dinámicas de carga, se debe proveer el currículum del consultor donde se demuestre al menos tres años de experiencia en:
 - (1) Ejecución y análisis de pruebas dinámicas de carga
 - (2) Análisis de concordancia de ondas, y



~~(1) Análisis de ecuación de ondas incluyendo el análisis inicial de ecuación de onda.~~

~~(3)~~

~~(c) Soldadores: se debe suministrar el nombre y la certificación de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS, por sus siglas en inglés) de cada soldador.~~

551.04 Documentos de revisión

Propuesta del equipo de hincado: Se someterá la siguiente información siguiente del equipo propuesto de hincadura, por lo menos con 30 días de anticipación a su uso las operaciones de hincado de pilotes según subsección 104.03:

~~Se debe incluir la fecha de inicio y la secuencia propuesta de instalación del pilote hincado.~~

~~(a)~~

~~(b) Se debe incluir un reporte con el análisis de la ecuación de onda para el sistema propuesto de pilote hincado propuesto, a menos que se especifique el uso de la fórmula dinámica para determinar la capacidad nominal del pilote.~~

~~(c) Equipo y análisis: se debe proveer de la siguiente información del equipo de hincado:~~

~~(1) General: Se ~~indicarán~~ debe indicar ~~en la estructura y el proyecto~~ en el proyecto y la estructura, el Contratista o Subcontratista de hincado de pilotes, y los métodos auxiliares de instalación como chorros a presión o perforación previa, y el tipo y uso del equipo.~~

~~(2) Martinete: ~~Se indicarán el~~ Se debe indicar el fabricante, modelo, tipo, número de serie, energía nominal (_____ a _____ longitud de carrera de mazo), peso del mazo y modificaciones.~~

~~(3) Amortiguador del martillo: ~~Se indicarán~~ debe indicar el material, grosor, área, módulo de elasticidad (E) y coeficiente de restitución (e).~~

Comentado [FR3]: El FP-14 en 551.03 incluye, con respecto a FP-03, un apartado en el cual se describen las cualificaciones que debe tener el personal encargado de realizar labores relacionadas con la hincada de pilotes.

Se recomienda incluir este apartado en CR-2020, como se muestra.

Comentado [FR4]: Esto se incluye en 551.04.a y 551.04.b de FP-14 con respecto a FP-03.

Se recomienda incluir lo mostrado en CR-2020 (eliminando lo tachado y agregando lo subrayado)



- (4) Cabezal de ~~marinete~~ pilote. Se indicarán ~~asa del cabezal y sus accesorios~~ debe indicar el peso del casquete, sombrero, yunque y el cabezal de hincado.
- (5) Amortiguador del pilote: Se indicarán ~~debe indicar~~ el material, ~~grosor~~, área, módulo de elasticidad (E) y coeficiente de restitución (e).
- (6) Pilote: Información sobre tipo de pilote, longitud en metros, peso por metro lineal, ~~grosor~~ de las paredes, remate de la punta, área ~~de cortes transversales~~ de la sección transversal, capacidad de soporte de diseño, descripción de empalme y descripción del tratamiento de la punta.
- (7) Detalles de pilote de prueba: Ubicación, tipo, elevación estimada de la punta, empotramiento mínimo admisible, longitud, capacidad y esfuerzos admisibles de compresión y tensión.
- (8) Condiciones del terreno: descripción del suelo, parámetros de amortiguamiento del suelo y sísmicos utilizados en el análisis, previsión de dificultades de instalación (si aplica), y
- (9) Gráfico con resultados del análisis de capacidad de soporte: esfuerzos máximos calculados de compresión y tensión, resistencia a la penetración (conteo de golpes), carrera del mazo y energía transferida al pilote para un intervalo de resistencias nominales del suelo.
- (d) Empalmes: Se deben proveer detalles para empalmes en sitio
- (e) Punteras: se deben proveer detalles para punteras de pilotes.

Comentado [FR5]: Esto se incluye en FP-14 551.04 con respecto a FP-03.

Se recomienda que se incluya a CR-2020, como se muestra, en el cuerpo del documento.

554.03551.05 Equipo para la hincada de pilotes

~~El equipo para el hincado debe cumplir:~~ Se debe proveer equipo para hincado que cumpla con los siguientes requisitos:



(a) Martinetes

(1) Martinetes de gravedad: Los martinetes de gravedad deben ser usados únicamente para hincar pilotes de madera. Se ~~usará~~ ~~debe utilizar el un~~ martinete con un mazo que pese entre 900 y 1600 kg, y se ~~limitará~~ ~~debe limitar~~ la altura de caída a ~~3,7~~ ~~4,5~~-m. El peso del mazo ~~debe ser mayor que la suma de~~ del peso de la corona y del pilote, ~~juntos~~. Se ~~usarán~~ ~~deben utilizar~~ guías del martinete para asegurar el impacto concéntrico en la corona ~~de hincado~~.

Comentado [FR6]: Altura máxima en FP-14 551.05 es modificada con respecto a FP-03.

Se recomienda realizar cambio en CR-2020 como se muestra.

(2) Martinetes de diésel de final abierto: Los martinetes de diésel de final abierto (de acción sencilla) deben estar equipados con un dispositivo que puede consistir en anillos en el mazo ~~o una escala (aguja) que se extienda sobre la culata del mazo~~ para permitir la determinación visual del golpe del martinete. Se ~~someterá~~ ~~debe someter~~ a aprobación un gráfico provisto por el fabricante del martinete que señale como se iguala la carrera del ~~émbolo mazo~~ y el número de golpes por minuto del martinete. ~~Si se aprueba, se puede realizar una calibración de deberá usarse una~~ velocidad contra la carrera del ~~émbolo mazo~~.

Comentado [FR7]: En FP-14 551.05 (2) se elimina la inclusión de una escala al martinete con respecto a FP-03.

Comentado [FR8]: Se detectó un error de traducción desde el FP en este párrafo.

Se recomienda realizar el cambio en la redacción como se muestra.

(3) Martinetes de diésel de final cerrado: Se debe presentar un gráfico; ~~para calibrar~~ ~~calibrada con~~ el funcionamiento ~~efectivo~~ ~~real~~ del martinete ~~durante~~ ~~dentro de un intervalo de~~ 90 días de uso, ~~mostrando la relación entre~~ ~~igualando el rebote en la cámara de presión~~ la presión de la cámara de rebote a la energía equivalente o carrera del ~~émbolo del martinete mazo~~. ~~Se debe equipar al martinete con un manómetro para medir la presión en la cámara de rebote. Se~~ ~~Las lecturas de dicho manómetro usará~~ ~~deben ser un~~ ~~medidor~~ ~~visible~~s desde el nivel de suelo. Se ~~calibrará~~ ~~debe calibrar~~ el dial del medidor de presión tomando en cuenta las pérdidas en las mangueras. Se ~~verificará~~ ~~debe verificar~~ la precisión del medidor calibrado durante la operación de hincadura, ~~asegurando la consistencia del rebote del martinete (cuando se levanta) en la cámara de presión~~ ~~asegurando que ocurra~~.

Comentado [FR9]: Se incluye la frase subrayada en FP-14 551.05(3) con respecto a FP-03.

Se recomienda su inclusión al CR-2020 según se muestra.



~~levantamiento del martinete cuando la presión de la cámara de rebote coincida con la máxima energía dada en las especificaciones del martinete, cuando se dé la máxima energía, de acuerdo a las especificaciones del martinete.~~ No se ~~usarán~~ deben utilizar martinetes de diésel de final cerrado que no alcancen, al iniciar la subida, la máxima relación de energía de rebote de la cámara de presión, ~~del martinete especificado según especificaciones del martinete.~~

- (4) Martinetes de aire o vapor: Se ~~usará~~ debe proveer de una planta la planta y el equipo para martinetes de aire y vapor con una capacidad suficiente para mantener el volumen y la presión especificados por el fabricante del martinete. Se ~~equipará~~ debe equipar el martinete con medidores de presión, de precisión adecuada y que sean de fácil acceso. Se ~~usará~~ debe utilizar un martinete cuyo peso de ~~las partes de hincado y mazo~~ sea igual o mayor que un tercio del combinado del conjunto pilote – corona. ~~El peso combinado debe ser de~~ Se debe asegurar que la masa combinada sea de por lo menos 1250 kg.

Se ~~medirá~~ debe medir la presión de entrada de los martinetes de aire o vapor de doble acción o de acción diferencial, con un manómetro de aguja, ubicado en la cabeza del martinete, cuando se hincan pilotes de prueba. Si se requiere, se debe medir también la presión de entrada, cuando se hinquen pilotes definitivos. Se debe efectuar la calibración de presión contra velocidad, para condiciones específicas de hincadura, como una alternativa para medidas periódicas con un manómetro de aguja.

- (5) Martinetes ~~vibratorios~~ sin impacto: ~~No se deben usar~~ Utilizar martinetes sin impacto, como son los martinetes vibratorios, ~~a menos que sea solo cuando sea~~ permitido por escrito o especificado en el contrato. Si estos martinetes son permitidos, se deben ~~usar~~ utilizar para hincar pilotes definitivos; solo después de que la elevación de ~~extremo~~ la punta del pilote, o longitud del empotramiento para un soporte seguro de la carga sobre el pilote, hayan



sido establecidas por medio de pruebas de carga estáticas o dinámicas. Se debe controlar la instalación de pilotes definitivos, cuando se usan martinetes vibratorios, por medio del consumo de energía, la velocidad de penetración, la elevación especificada del extremo de la punta especificada, o cualquier otro método aceptable, que garantice que la capacidad requerida de carga del pilote fue alcanzada. Se debe hincar uno de cada 10 pilotes, con un martinete de impacto, con energía adecuada para verificar si se está obteniendo la capacidad requerida del pilote.

(6) Martinetes hidráulicos: Se debe proveer una planta eléctrica para los martinetes hidráulicos con suficiente capacidad de mantener el volumen y la presión, especificadas por el fabricante, del martinete en condiciones de funcionamiento normal. Se debe equipar la planta de tratamiento y todo el equipo con manómetros de fácil acceso para el ente responsable del contrato.

(b) Aceptación del equipo de hincadura de pilotes

Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, el equipo de hincado de pilotes que sea provisto por el Contratista debe ser aprobado por el ingeniero responsable antes de que cualquier labor de hincado haya iniciado.

Se utilizará debe proveer del equipo para hincar pilotes de un tamaño una capacidad tal que permita que los pilotes permanentes sean hincados, con un esfuerzo razonable, y a la profundidad y resistencia requeridas sin que ocurra ningún daño en el pilote.

La Administración evaluará la conveniencia del equipo y aceptará o rechazará el sistema de hincadura, dentro de los 14 días siguientes al recibo de la información de los pilotes y del equipo de hincadura. La aceptación de ese equipo, se basará debe basar en un análisis por ecuación de onda, a menos que en el contrato se especifique la fórmula dinámica para determinar la capacidad del pilote hincado. u otro método aceptado. Se requieren pruebas de carga dinámica cuando la

Comentado [FR10]: Esto se incluye en FP-03 con respecto a FP-96 y se mantiene para FP-14.

Se recomienda su inclusión en CR-2020 debido a que es de gran aplicabilidad en Costa Rica.

Comentado [FR11]: Esto se indica en AASHTO Construcción 2017 inciso 4.4.1 y no en FP-14. Se considera de importancia que se realicen revisiones al equipo antes de su uso para evitar daños en el pilote o un procedimiento de hincado inadecuado.

Se recomienda que se incluya en CR-2020 según se muestra, en el cuerpo del documento.



~~capacidad fundamental del pilote excede 2400 kg, o cuando se usen pilotes de concreto prefabricado y preesforzado. Cuando el análisis de ecuación de onda no se usa, la aceptación del equipo de hincadura de pilotes se basará en la energía mínima del martinete que se muestra en la Tabla 551-01 Eficiencia de los martillos para el análisis de la ecuación de onda. La aceptación de un martinete en relación con el esfuerzo (del daño) de hincadura de pilotes, no exonera al Contratista de la responsabilidad relativa a pilotes dañados.~~

~~La aceptación del sistema de hincado de pilotes es específica para el equipo suministrado. Durante las operaciones de hincado de pilotes, se debe utilizar únicamente equipo aprobado que está representado en el análisis de ecuación de onda. La aprobación del sistema de hincado de pilotes es específica para el equipo suministrado. Si el equipo propuesto es modificado o reemplazado se modifica o reemplaza, se debe volver a presentar la información necesaria para la aprobación antes de ser usado. Realizar el análisis de ecuación de onda, el cual debe ser aprobado antes de ser utilizado. El nuevo sistema de hincadura será aceptado o rechazado dentro de los 14 días siguientes a la entrega de la información sobre el pilote, el análisis de la ecuación de onda (si se requiere), y el equipo necesario. Durante las operaciones de hincadura hincado sólo se puede utilizar puede usarse el equipo aprobado por el Contratante. La aprobación de un martinete para pilotes no exime al Contratista de la responsabilidad por pilotes dañados durante el hincado.~~

~~(a) Propuesta del equipo de hincado: Se cometerá la información siguiente del equipo propuesto de hincadura, por lo menos con 30 días de anticipación a su uso. Cuando se pidan pruebas de carga dinámica en el contrato, se debe presentar un análisis por ecuación de onda realizado por un consultor especialista en pilotes que cumpla los requisitos indicados la Subsección 551.11 Pruebas de carga de pilotes. Si las pruebas de carga dinámica no son requeridas, el Contratante realizará el análisis por ecuación de onda.~~

Comentado [FR12]: Esta especificación es modificada en FP-14 551.05.b con respecto a FP-03.

Se recomienda realizar el cambio en el cuerpo de CR-2020 según se muestra (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado)



- ~~General: Se indicarán en la estructura y el proyecto, el Contratista o Subcontratista de hincado de pilotes, y los métodos auxiliares de instalación como chorros a presión, perforación previa, y el tipo y uso del equipo.~~
- ~~Martinete: Se indicarán el fabricante, modelo, tipo, número de serie, energía nominal (_____ a _____ longitud de carrera) y modificaciones.~~
- ~~Amortiguador del martillo: Se indicarán material, grosor, área, módulo de elasticidad (E) y coeficiente de restitución (e).~~
- ~~Cabezal de martinete: Se indicarán asa del cabezal y sus accesorios.~~
- ~~Amortiguador del pilote: Se indicarán el material, grosor, área, módulo de elasticidad (E) y coeficiente de restitución (e).~~
- ~~Pilote: Información sobre tipo de pilote, longitud en metros, peso por metro, grosor de las paredes, remate de la punta, área de cortes transversales, capacidad de soporte de diseño descripción de empalme y descripción del tratamiento de la punta.~~

(1) Ecuación de onda: El número requerido de golpes del martinete, indicado por la ecuación de onda a la capacidad ~~soportante última nominal~~ del pilote, ~~debe deberá~~ ser entre ~~2~~ 3 y ~~10~~ golpes por cada 25 mm.

~~Se utilizan las siguientes eficiencias del martillo en el análisis de la ecuación de onda, a menos que esté disponible una información más específica de la eficiencia del martillo.~~

Tabla 551-04

Información requerida para el tramo de prueba

| Tipo de martillo | Eficiencia en porcentaje |
|--|--------------------------|
| De acción simple de aire / vapor | 67 |
| De doble acción simple de aire / vapor | 50 |

Comentado [FR13]: Esto se modifica en 551.05.b.1 de FP-14 con respecto a FP-03.

Se recomienda realizar actualización en CR-2020 para mantener las especificaciones vigentes.

Comentado [FR14]: Estas especificaciones se eliminan de FP-14 con respecto a FP-03.

Se recomienda su eliminación de CR-2020, según se muestra.



Diesel

72

Además, el esfuerzo del pilote resultado del análisis de la ecuación de onda, no se debe exceder de los valores que amenacen la antigüedad del pilote no se debe permitir que los esfuerzos en el pilote que resultan del análisis de ecuación de onda excedan los valores en los que el daño en el pilote es inminente. El punto de posible daño inminente daño, es definido para acero, concreto, y madera como sigue:

- a) Pilotes de acero: Esfuerzo de compresión del hincado, limitado a 90 % del esfuerzo máximo de cedencia, del acero del pilote. Se debe limitar el esfuerzo de compresión al 90 por ciento de la capacidad de fluencia del material del pilote.
- b) Pilotes de concreto: Los Se deben limitar los esfuerzos de hincadura en tensión (TS) y compresión (CS) limitados a:

$$TS \leq 0,25(f'_c)^{1/2} + EPV$$

$$CS \leq 0,85 f'_c - EPV$$

Donde:

f'_c = esfuerzo de compresión del concreto a los 28 días, en (MpaMPa).

EPV = valor del preesfuerzo efectivo.

- Pilotes de madera: Limitar el esfuerzo de compresión a: de hinc a 3 veces el esfuerzo permitido para diseño estático.

c) $\sigma_{dr} = \phi_{da}(F_{CO})$, donde

σ_{dr} = esfuerzo límite de hincado (kN)

ϕ_{da} = factor de resistencia, análisis de hinc

F_{CO} = resistencia base a compresión paralela al grano de la madera (kN)

Comentado [FR15]: Se observó un error de traducción al comparar el CR-2020 contra FP-14 y FP-03.

Se recomienda realizar el cambio de la especificación según se muestra.

Comentado [FR16]: Requerimientos de pilotes de madera son modificados en FP- 551.05.b.1.c con respecto a FP-03.

Se recomienda incluir especificación en CR-2020 según se muestra (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado)

Comentado [FR17]: Requerimientos de pilotes de madera son modificados en FP- 551.05.b.1.c con respecto a FP-03.

Se recomienda incluir especificación en CR-2020 según se muestra (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado)



(2) ~~Energía mínima del martinete: La energía del equipo de hincapresentada para aprobación y fijada por el fabricante, debe ser al menos, la energía especificada en Tabla 551-02 Energía mínima del martinete, que corresponde a la capacidad última requerida del pilote.~~

Tabla 551-02

Energía mínima del martinete

| Capacidad última del Pilote (kilonewtons, kN) | Energía mínima promedio del martinete (kilojoules, kJ) |
|---|--|
| ≤800 | 14,0 |
| 1330 | 12,2 |
| 1600 | 28,1 |
| 1870 | 36,0 |
| 2140 | 44,9 |
| 2400 | 54,4 |
| >2400 | Se requiere ecuación de onda |

(2) ~~Energía mínima del martinete: La energía del equipo de hinca remitido para aprobación, según indique el fabricante, se debe determinar mediante un análisis de ecuación de onda.~~

(c) Accesorios para el hincado

(1) Amortiguador del martinete: Se debe proveer todo el equipo de hincapilotes de impacto, a excepción de los martinetes de gravedad, con un material amortiguador lo suficientemente grueso como para prevenir daños al martinete o al pilote y para garantizar un comportamiento uniforme del hincado. Se deben fabricar amortiguadores de martinetes con materiales durables, de acuerdo con de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del martinete los fabricantes. No se debe usar utilizar amortiguadores de madera, pita alambre de acero o asbesto en los amortiguadores. Se colocará debe colocar una placa de correjo apoyo en el amortiguador, como lo

Comentado [FR18]: En FP-14 555.05.b.2 se modifica, con respecto a FP-03, el requerimiento de energía mínima del equipo de hincapilotes.

Se recomienda realizar el cambio en CR-2020 según se muestra (eliminando lo tachado e incluyendo lo subrayado).



~~recomiende según recomendación~~ del fabricante del martinete, para asegurar una compresión uniforme del material. Se realizará una inspección del amortiguador del martinete, en la presencia del ~~Contratante~~ ente responsable del contrato, al inicio de la hincadura de pilotes en cada estructura, o después de cada 100 horas de hincado, lo que sea menor. Se debe reemplazar el amortiguador cuando el ~~grosor~~ espesor se haya reducido en ~~un~~ más del 25 % de su espesor original.

(2) Cabezal del pilote: Se deben proveer cabezales adecuados para los martinetes de impacto, ~~y. Se deben proveer también~~ cabezales apropiados, mandriles y otros aditamentos para pilotes especiales, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Se ~~alineará~~ debe alinear sobre el mismo eje axial el cabezal del pilote ~~en paralelo con~~ el martinete y el pilote. Se ~~calzará~~ debe calzar el cabezal alrededor del pilote, para prevenir fuerzas torsionales durante la hincadura; ~~mientras se mantiene y para mantener~~ un alineamiento apropiado del martinete y el pilote.

(2) Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, el cabezal del pilote debe permitir una distribución uniforme del impacto del martinete sobre la cabeza del pilote.

(3) Guías del pilote: Se ~~soportarán~~ deben soportar los pilotes en línea y posición ~~por medio de~~ de guías, durante la hincadura. Se ~~construirán~~ deben construir las guías de seguimiento del pilote de manera que permitan un movimiento libre del martinete, y que, al mismo tiempo, mantengan un alineamiento ~~paralelo axial~~ del martinete y el pilote. No se deben usar guías oscilantes, salvo que sea permitido y especificado por escrito o en el contrato. Cuando se ~~permiten~~ permitan guías oscilantes ~~se deben calzar en la entrada del pilote con la base de las guías y si se usan pilotes inclinados con un puntal horizontal entre la grúa y la guía~~ se debe colocar un anillo portal para el pilote en la base de las guías y, en caso de pilotes inclinados, se debe colocar una riostra horizontal entre la grúa y las guías. Se ~~empotrarán~~ deben empotrar



adecuadamente las guías en el suelo; ~~e se fijará~~ fijar el pilote a un marco estructural; (plantilla), ~~para con el fin de~~ mantener un alineamiento adecuado. Se ~~proveerán~~ deben proveer guías ~~de pilotes~~ con longitud suficiente; para que no requieran un ~~seguidor embutidor~~, pero que permitan un alineamiento adecuado de los pilotes inclinados.

(4) ~~Seguidores Embutidores~~ (zancos): ~~Los seguidores o zancos no son permitidos. No se deben utilizar embutidores~~, excepto si son aprobados por escrito. Cuando los ~~seguidores embutidores~~ son permitidos se debe hincar, sin embutidor en toda su longitud, el primero y el décimo pilote posterior, para verificar que se está obteniendo el empotramiento adecuado para desarrollar hincará el primer pilote en cada cimiento o estructura y de ahí en adelante cada décimo pilote debe tener la longitud total sin seguidor, que asegure que se está obteniendo el empotramiento adecuado para desarrollar la capacidad ~~última nominal~~ requerida. Se ~~proveerá~~ debe proveer un ~~seguidor embutidor~~ de material y dimensiones que permitan que los pilotes sean hincados hasta la profundidad requerida. Se ~~soportarán~~ debe soportar y ~~mantendrán~~ mantener el ~~embutidor seguidor~~ y el pilote con un alineamiento apropiado durante el hincado.

(5) Chorro a presión (Jet): No se ~~usarán chorros~~ deben utilizar chorros de agua a presión para perforación si no son previamente aprobados por escrito por el ~~Contratante~~ encargado del contrato. Se debe usar un equipo de chorros a presión de agua; con capacidad suficiente para ~~precurar~~ suministrar una presión consistente; equivalente a por lo menos 700 kPa, ~~con en~~ dos boquillas de chorro a presión de 19 20 mm. Los chorros a presión no deben afectar la estabilidad lateral del pilote final colocado. Se ~~removerán~~ deben remover los tubos del chorro a presión cuando ~~el extremo la punta~~ del pilote esté al menos a 1,5 m sobre la elevación prescrita, ~~e se hincará~~ posteriormente se debe hincar el pilote hasta la capacidad ~~última nominal~~ requerida con un martinete de impacto. ~~Si es necesario, Se debe~~

Comentado [FR19]: En FP-03 se tradujeron unidades del USC al SI con redondeos más allá de la unidad, lo que no permitía tener igualdad de criterios entre los sistemas de unidades. Esto fue corregido en FP-14.

Se recomienda realizar corrección por traducción de unidades en CR-2020, como se muestra.



controlar, tratar (de ser necesario) y botar toda el agua del chorro a presión en una forma aprobada.

(6) Amortiguador de pilote: Para ~~los~~ pilotes de concreto se debe utilizar un amortiguador nuevo para proteger la cabeza del pilote ante daño durante el proceso de hincado. El amortiguador ~~debe cortarse~~ debe cortar con un espesor de por lo menos 100 mm y de forma que coincida con la sección transversal de la parte superior del pilote. Se debe sustituir el amortiguador si éste se encuentra comprimido más de la mitad de su espesor original o si comienza a quemarse. Tanto ~~en~~ los pilotes de acero como ~~en~~ los de madera, se deben proteger con un capuchón de hincado aprobado. Los pilotes de madera ~~deben rodearse~~ deben rodear con collares o bandas metálicas aprobadas para evitar que se ~~resquebrajen~~ rajén o se astillen. ~~Sustituya~~ Se deben sustituir los capuchones cuando se dañen. No ~~deben reutilizarse~~ deben reutilizar los amortiguadores o los capuchones.

(7) Punteras: Cuando esté especificado, ~~deben proporcionarse~~ deben proporcionar punteras para proteger la punta del pilote contra daños durante ~~la hincada~~ el proceso de hincado. Las punteras ~~deberán ser fabricadas~~ deben fabricar con la forma requerida para ser colocadas ajustadamente en la punta del pilote. ~~Los pilotes de concreto se unen con la puntera usando pasadores u otros métodos aprobados.~~ Para pilotes de concreto, se debe unir la puntera al pilote mediante el uso de dovelas u otros métodos aprobados. ~~En los pilotes de acero las punteras se colocan directamente, soldándolas al pilote sin esforzar el alma o el ala.~~ Para pilotes de acero, se debe diseñar y ajustar la puntera a la forma del pilote y se debe soldar la puntera al pilote de manera tal que no se esfuerzen el alma o ala del pilote. ~~Para los pilotes de madera, se conforma~~ debe conformar cuidadosamente la punta para asegurar un ~~soporte~~ apoyo uniforme de la puntera. En ~~los~~ pilotes de madera tratada se debe aplicar 2 capas de una solución de alquitrán a todos los agujeros, cortes y casquillos de hincado, según AWWA. Según AASHTO,

Comentado [FR20]: Se proponen los cambios mostrados como mejoras a la traducción y redacción del documento.



LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, cuando se requieran punteras por las condiciones del suelo en pilotes de madera, se deben utilizar punteras aprobadas de acero que aseguren un contacto firme y uniforme y que prevengan la concentración de esfuerzos locales en el pilote.

En caso de pilotes de coraza de acero o tubulares y según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, se debe colocar una placa de acero plana o una puntera cónica en la punta del pilote, o cualquier otra geometría aprobada. Las placas de punta deben tener un espesor de al menos 19 mm. La placa de acero plana se debe colocar al mismo nivel de la punta del pilote. La punta del tubo debe ser biselada antes de soldar la placa mediante soldadura de penetración parcial.

Comentado [FR21]: Según AASHTO Construcción 2017, inciso 4.4.2.2.3, las punteras de pilotes de madera deben asegurar contacto firme y prevenir esfuerzos diferenciales en el pilote.

Se recomienda incluir esto en el CR-2020, pues se considera de gran importancia para el adecuado uso de pilotes de madera.

Comentado [FR22]: Lo mostrado se incluye en AASHTO Construcción 2017 inciso 4.2.1.2 y se considera de importancia para asegurar la correcta colocación de un pilote hincado de acero.

Se recomienda su inclusión en CR-2020 como se muestra en el cuerpo del documento.

Comentado [FR23]: La frase subrayada se incluye en FP-14 551.06 con respecto a FP-03.

Se recomienda su inclusión al CR-2020 según se muestra en el cuerpo del documento.

Comentado [FR24]: Esto se indica en AASHTO Construcción 2017, inciso 4.1 y se considera importante para evitar la construcción de pilotes cuya capacidad no sea alcanzada en la longitud indicada en planos.

Se recomienda incluirlo en CR-2020 según se muestra, en el cuerpo del documento.

551.04551.06 Longitud de los pilotes

~~Se deben usar~~debe proveer de pilotes con suficiente longitud para ~~obtener la penetración requerida y para extenderlos, en el caso que así lo requiera la capacidad soportante de la fundación, lograr la resistencia requerida y para extenderse dentro del cabezal de pilotes o cimentación, como según se indique~~ en los planos constructivos. Adicionalmente, se debe incrementar la longitud del pilote para considerar el acabado que se le dará al cabezal, así como el requerido según el método de hincado a ser utilizado por el contratista. Cuando se soliciten pilotes de prueba se deben proveer pilotes con la longitud determinada para los pilotes de prueba.

Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, cuando se requieran pilotes de prueba, la longitud de los pilotes de producción que se indican en los documentos del contrato debe ser utilizada únicamente para estimación; la longitud real del pilote debe ser determinada por el ingeniero encargado luego de que los pilotes de prueba se hayan hincado y probado.

551.05551.07 Pilotes de prueba

Se ~~instalarán~~deben instalar pilotes de prueba cuando se especifique en el contrato.



~~Se debe colocar los pilotes designados como pilotes de prueba dinámica en posición horizontal y sin estar en contacto con otros pilotes. Se deben perforar orificios para la instalación de los instrumentos cerca de la cabeza del pilote. Se deben instalar los instrumentos luego de que el pilote esté en las líneas de guía, se deben medir velocidades de onda. Se debe proveer de una plataforma rígida de al menos 1200 mm por 1200 mm con una barrera de seguridad de 1050 mm de altura que pueda ser levantada hasta el tope del pilote.~~

Se ~~excavará~~ debe excavar el terreno en el sitio de cada pilote de prueba o pilote de producción hasta la profundidad del ~~fondo de la fundación~~ cimentación superficial; antes de que el pilote sea hincado. Se ~~proveerán~~ debe proveer de pilotes de prueba más largos que la longitud estimada de los pilotes definitivos. Se ~~hincarán~~ deben hincar los pilotes de prueba con el mismo equipo que se usará en los pilotes definitivos.

Se ~~hincarán~~ deben hincar los pilotes de prueba a la capacidad ~~última nominal~~ requerida hasta la profundidad estimada ~~del extremo inferior de la punta~~. Se ~~dejarán~~ deben dejar los pilotes de prueba, que no alcancen la capacidad última requerida a la elevación estimada ~~del extremo de la punta~~, en reposo por 24 horas antes de volver a hincarlos. Se ~~preparará~~ debe preparar el martinete antes de empezar a ~~rehincar~~, aplicando por lo menos 20 golpes a otro pilote. Si aún la capacidad ~~última nominal~~ requerida no se alcanzara al volver a hincarlo, se ~~hincará~~ debe hincar una parte o ~~todos los pilotes de prueba restantes a la longitud del pilote de prueba y se debe repetir el proceso de reposo y rehincado según los procedimientos descritos, y se repetirán el reposo y rehincadura siguiendo los procedimientos descritos~~. Se ~~empalmarán y continuarán hincando~~ debe empalmar e hincar pilotes hasta obtener la capacidad ~~última nominal~~ requerida ~~del pilote~~.

Los pilotes de prueba que se ~~usen~~ mantengan en la estructura definitiva ~~se~~ deben ajustarse a los requisitos de los pilotes definitivos. Los pilotes de prueba que no sean incorporados en la estructura definitiva deben ser removidos hasta al menos ~~600 mm~~ 0,5 m bajo el nivel ~~final~~ terminado de la fundación.

Comentado [FR25]: Esto se incluye en FP-14 551.07 con respecto a FP-03.

Se recomienda su inclusión en CR-2020 según se muestra.

Comentado [FR26]: Cambio por traducción correcta de unidades.



551-06551.08 Capacidad de pilote hincadosoporte del pilote

Se hincarán deben hincar los pilotes a con la penetración específica especificada y a la profundidad necesaria para obtener la capacidad última nominal requerida del pilote. Se empalmarán deben empalmar los pilotes que no obtengan la capacidad última nominal requerida a la longitud indicada, hincándolos con un martinete de impacto hasta que se alcance esa capacidad nominal requerida.

Se debe utilizar la ecuación de onda para determinar la capacidad última nominal del pilote hincado en sitio.

- (a) Ecuación de onda. La penetración adecuada será se debe considerar como obtenida cuando los criterios especificados de la resistencia en la ecuación de onda se alcanzan a menos de 1,5 m de la elevación de punta señalada especificada. Se hincan deben hincar los pilotes que no alcanzan la resistencia especificada dentro de estos límites a una penetración determinada por la Administración el ente responsable del contrato.

- (b) Fórmula dinámica. Se deben hincar los pilotes a la penetración necesaria para obtener la capacidad última nominal del pilote según la siguiente ecuación (Gates, FHWA):

Ru = (7 * sqrt(Eb) * log(10Nb)) - 550

Donde:

Ru = capacidad última nominal del pilote medida durante el proceso de hincado, en kilonewtons (kN)

Ed = energía del martinete desarrollada. Es la energía cinética en el ariete en el momento del impacto para un golpe dado. Si no se mide la velocidad del ariete, se puede asumir que es igual a la energía potencial del ariete a la altura de la carrera, tomada como la masa del ariete multiplicada por la carrera (julios). martillo de golpe del espolón observado o medido en campo según el fabricante, en Joules

Comentado [FR27]: En FP-14 551.08(b) se incluye la referencia de la fórmula recomendada, con respecto a FP-03. Se recomienda incluir la referencia en CR-2020 según se muestra.
Comentado [FR28]: En FP-14 551.08.b se incluye el subíndice "d" a la energía del martillo y "b" al número de golpes, con respecto a FP-03. Para mantener igualdad de nomenclatura, se recomienda incluir el subíndice en CR-2020 como se muestra.
Comentado [FR29]: Subíndice agregado en FP-14.
Comentado [FR30]: Esto se incluye en FP-14 551.08.b con respecto a FP-03. Se recomienda su inclusión en CR-2020 como se muestra.



$\log(10N_b)$ = el logaritmo de base 10 de 10 multiplicado por N_b

N_b N = El número de golpes del ~~martinete martillo~~ per para un avance de 25 mm para en la penetración final.

Resolviendo para N :

$$N = 10^x$$

$$x = \left(\frac{R_{tt} + 550}{7\sqrt{E}} \right)$$

Factor de seguridad = 3,0

~~(b)(a) Se debe determinar la capacidad nominal in situ de pilotes lanzados con base en el conteo de golpes de martillo de impacto (fórmula dinámica) después de que se hayan retirado las tuberías de chorro a presión. Después de determinar la longitud de penetración del pilote necesaria para producir la capacidad nominal requerida del pilote mediante el conteo de golpes del martillo de impacto, se puede instalar los pilotes restantes en cada grupo o en cada unidad de subestructura a profundidades similares con métodos similares. Se debe confirmar que se ha logrado la capacidad nominal requerida del pilote mediante la fórmula dinámica. Pilotes hincados con chorro a presión (jet): Después de hincar el pilote con chorro a presión y de que las tuberías del chorro a presión hayan sido removidas, se determina la capacidad última de los pilotes hincados, basada en el impacto del conteo de golpes del martinete (fórmula dinámica). Después de que la longitud necesaria para la penetración del pilote sea determinada para producir la capacidad última requerida por medio del impacto del conteo de los golpes de martinete, se deben instalar los pilotes restantes en cada grupo o en cada cimiento, a profundidades y usando métodos similares. Se confirmará el alcance de la capacidad última requerida usando la fórmula dinámica.~~

~~(c) Condiciones para la fórmula dinámica: La fórmula dinámica es aplicable únicamente si lo siguiente es válido:~~

- ~~a) El martinete está en buena condición y operado en forma satisfactoria~~
- ~~b) El mazo del martinete cae libremente~~

Comentado [FR31]: Subíndice agregado en FP-14.

Comentado [FR32]: Esto se elimina en FP-14 551.08.b con respecto a FP-03.

Se recomienda su eliminación en CR-2020 como se muestra.



~~c) No se usa un seguidor~~

~~d) La corona del pilote no está barrida (astillada) ni aplastada~~

551.07551.09 Perforación previa

Se ~~usarán~~ deben utilizar barrenos, taladros de rotación húmeda, o cualquier otro método de perforación aprobado.

En terraplenes compactados de más de 1,5 m de profundidad ~~espesor~~ se ~~perfora~~ debe perforar el agujero del pilote hasta alcanzar el suelo la tierra natural. ~~Se perforan los huecos con un diámetro de 150 mm mayor que el diámetro del pilote. Para pilotes cuadrados, rectangulares o H, el diámetro del orificio debe ser igual a la diagonal de la sección transversal del pilote más 150 mm.~~

~~Para pilotes hincados en roca o capa dura, tosca, suelo rígido o arcilla compacta, la perforación previa puede extenderse hasta la superficie de la roca, suelo rígido o arcilla compacta. En suelo natural, el perforado se puede extender hasta la superficie de la roca o el suelo rígido si el pilote fue diseñado para apoyarse en roca o suelo rígido. El pilote ~~debe~~ se debe apoyarse en tal estrato.~~

Para pilotes que no ~~son hincados~~ se apoyan en roca o, suelo rígido o ~~arcilla compacta~~ se debe detener ~~detendrá~~ la perforación por lo menos a 1,5 m sobre la elevación estimada de la punta del pilote e hincar y se hincará el pilote con un martinete de impacto a una penetración donde se alcanza que cumpla con la capacidad última nominal requerida. La perforación previa ~~debe realizarse~~ debe realizar con un diámetro menor que el diámetro o la diagonal de la sección transversal del pilote ~~hasta siempre y cuando se logre logre la penetración del pilote su penetración~~ hasta la profundidad especificada.

Si se encuentran obstrucciones bajo en la superficie, como piedras de gran tamaño o capas de rocas, el diámetro del agujero ~~debe aumentarse~~ debe aumentar a la menor dimensión adecuada para la instalación del pilote. Después de completado el hincado, se rellenará ~~debe rellenar~~ cualquier espacio vacío que quede alrededor del pilote con arena u otro

Comentado [FR33]: Esto se elimina en FP-14 551.08.b con respecto a FP-03.

Se recomienda su eliminación en CR-2020 como se muestra.

Comentado [FR34]: Se elimina en FP-14 551.09, con respecto a FP-03, la posibilidad de perforar con diámetro de 150mm mayor al del pilote.

Se recomienda aplicar cambio en CR-2020 según se muestra.



material aprobado. No se ~~usarán-deben utilizar~~ barrenos de punta o punzones ~~para lograr una perforación previa como método de perforación previa~~.

~~No se debe deteriorar~~ ~~Se debe evitar el deterioro de~~ la capacidad de los pilotes existentes ~~e-y de~~ las condiciones de seguridad de las estructuras adyacentes. Si la perforación previa perturba la capacidad de los pilotes o estructuras instaladas previamente, se ~~deber~~ restaurar la capacidad ~~última-nominal~~ requerida de pilotes y de las estructuras mediante métodos aprobados.

551.0851.10 Preparación e hincado

Se ~~realizará-debe realizar~~ el trabajo según la Sección 208 Excavación y relleno para estructuras mayores. Todas las cabezas de los pilotes deben ser planas y perpendiculares a su eje longitudinal. Se ~~coordinará-debe coordinar~~ el hincado de pilotes de manera que no ~~se~~ dañe ninguna de las otras partes del trabajo concluido.

Se ~~debe hincarán~~ los pilotes dentro de los ~~75~~ ~~50~~ mm de la ubicación ~~en planta~~ mostrada en los planos ~~y~~ a la elevación del corte para ~~cascos-cabezales sobre pilotes y dentro de los doblados y a~~ 150 mm de la ubicación ~~en planta~~ mostrada en el plano para pilotes con ~~cascos su tope~~ debajo del nivel del terreno terminado. El pilote ~~hincado~~ no ~~deberá~~ estar ~~ubicado~~ a menos de 100 mm de ~~cualquier ninguna~~ cara del ~~cascocabezal~~. Se ~~hincarán-deben hincar los~~ pilotes de manera que el alineamiento axial esté dentro de los 20 mm por metro ~~longitudinal~~ del alineamiento requerido. El ~~Contratante-ente responsable del contrato~~ puede detener el hincado, para revisar el alineamiento de pilotes, ~~que no pueden ser inspeccionados internamente después de instalados antes de que los últimos 1,5 m sean hincados~~. ~~Se debe revisar el alineamiento antes de hincar los últimos 1,5 m del pilote en los que no puedan ser internamente inspeccionados luego de instalados~~. No se deben ~~halar jalar o empalmar~~ lateralmente ~~o empalmar~~ los pilotes para corregir algún desalineamiento. No se debe empalmar una sección alineada a una sección desalineada de pilotes.

Se ~~colocarán-deben colocar~~ pilotes individuales en grupos de pilotes ~~en cualquiera de estas formas~~. ~~Iniciandeya sea iniciando~~ desde el centro del grupo y procediendo hacia afuera en

Comentado [FR35]: En FP-14 551.10 se aumenta, con respecto a FP-03, la holgura de ubicación de los pilotes según su ubicación en planos.

Se recomienda realizar actualización en CR-2020.



las dos direcciones, o iniciando desde la hilera de afuera y procediendo progresivamente a través del grupo.

Se ~~corregirán~~ ~~deben corregir, según sea aprobado, de manera aprobada~~ todos los pilotes hincados inapropiadamente, tales como los que queden fuera de la ubicación correcta, los desalineados, o los hincados debajo ~~del~~ corte de elevación designado. Se ~~reemplazarán~~ ~~deben reemplazar~~ los pilotes dañados durante la operación de hincado ~~o manipulación~~. Se ~~obtendrá~~ ~~debe obtener~~ aprobación de los métodos propuestos para reparar y corregir deficiencias.

(a) Pilotes de madera

No ~~se~~ ~~deben usar~~ ~~se~~ pilotes de madera con grietas de más de ~~13.15~~ mm de ancho. Se ~~usarán~~ ~~deben utilizar~~ pilotes de madera tratada, dentro de los 6 meses posteriores al tratamiento. La manipulación y cuidado de los pilotes tratados a presión se ~~hará~~ ~~debe realizar~~ de acuerdo con el estándar M4: "Standard for the Care of Preservative-Treated Wood Products", de la AWPA.

~~Se moldeará cuidadosamente el final del pilote para asegurar un soporte uniforme de la zapata del pilote. Se sujetará firmemente la zapata al pilote. Se tratarán todos los agujeros, cortes o cascotes en los pilotes tratados, con 2 aplicaciones con brocha de una solución de creosota alquitrán de carbón.~~

(b) Pilotes de acero

Se ~~deben usar~~ ~~debe proveer~~ pilotes de longitud total requerida, sin empalmes, para longitudes de hasta 18 m. Si se requieren empalmes en el primer pilote hincado y se prevé que ~~también serán requeridos en~~ los siguientes pilotes ~~los requerirán también~~, se ~~colocarán~~ ~~deben colocar~~ los empalmes en el tercio inferior del pilote. No ~~se permitirán~~ ~~deben realizar~~ empalmes con una longitud menor de 3 m, ~~no son permitidos, y no podrán hacerse más de 2 empalmes por pilote y no se deben realizar más de 2 empalmes por pilote.~~

Los pilotes se ~~cargarán~~ ~~deben cargar~~, ~~transportarán~~ ~~transportar~~, ~~descargarán~~ ~~descargar~~, ~~almacenarán~~ ~~almacenar~~ y ~~manipularán~~ ~~manipular~~ de tal

Comentado [FR36]: Corrección por traducción de unidades.

Comentado [FR37]: Esto fue eliminado de FP-96 en la actualización FP-03 y se mantuvo así en FP-14.

Se recomienda eliminar de CR-2020 según se muestra.



manera que el metal se mantenga limpio y libre de daños. No se ~~usarán~~ ~~deben utilizar~~ pilotes que excedan la contraflecha y curvatura permitida como tolerancia ~~al fabricante~~ ~~de molino~~ ~~admisibles~~. Los pilotes de acero dañados durante la instalación no ~~serán~~ ~~deben ser~~ aceptados, a no ser que ~~se alcance la elevación mínima de la punta y se compruebe mediante pruebas de carga que se alcanza el 100% de la capacidad soportante nominal requerida~~ ~~la capacidad de soporte esté probada para un 100 % la capacidad última requerida por pruebas de carga~~. ~~Las~~ ~~Se deben realizar pruebas de carga en los pilotes dañados~~ ~~pruebas de carga se efectuarán~~ sin costo alguno para la ~~Administración~~ ~~entidad gubernamental~~. ~~Si se requieren puntos de hinca, se deben soldar puntos de hinca a los pilotes en cumplimiento con AASHTO/AWS, Structural Welding Code, Steel D1-1M o AWS, Bridge Welding Code D1.5M, según aplique.~~

(c) Pilotes de concreto prefabricado y preesforzado

Se ~~deben soportar~~ ~~dar apoyo a~~ los pilotes de concreto durante ~~el izaje~~ ~~la elevación~~ o ~~el~~ transporte en los puntos mostrados en los planos o, si no están mostrados, se debe proporcionar ~~puntos de~~ soporte en cada cuarto ~~punto de~~ ~~la longitud total~~. Se ~~deben proporcionar~~ ~~proporcionarán~~ cables de acero u otros equipos al ~~izar~~ ~~levantar~~ o transportar pilotes de concreto para evitar que éste se doble o se le quiebren los bordes.

~~Se protegerán las cabezas de los pilotes de concreto con un amortiguador de por lo menos 100 mm de espesor. Se ajustará el amortiguador (cortando si es requerido), para que calce con la sección transversal de la parte superior del pilote. Se reemplazará el amortiguador del pilote si se ha comprimido más de la mitad de su espesor original o si se empieza a quemar. En este caso, se proveerá un amortiguador nuevo para cada pilote.~~

Se ~~rechazarán~~ ~~debe rechazar~~ los pilotes de concreto con resistencia reducida a causa de defectos externos tales como ~~desprendimientos o delaminaciones~~ ~~escamaduras~~ y grietas, o defectos internos como cavidades reveladas con ~~pruebas ensayos~~ ~~no destructivas~~ ~~destructivos~~.

(d) Pilotes tubulares o de corazas ~~de acero~~ rellenas de concreto

Comentado [FR38]: Esto se incluye en FP-14 551.10.b con respecto a FP-03.

Se recomienda su inclusión en CR-2020 según se muestra.

Comentado [FR39]: Se considera que la traducción actual del CR-2020 no transmite adecuadamente la intención del FP-14 en esta frase.

Se recomienda realizar cambio en CR-2020 como se muestra como una mejor traducción.

Comentado [FR40]: Este párrafo es eliminado de FP-03 551.08.c con respecto a FP-96 y se mantiene eliminado en 551.10.c de FP-14.

Se recomienda eliminarlo de CR-2020 por ser una especificación obsoleta.

Comentado [FR41]: Se considera que la palabra "escamaduras" no refleja adecuadamente la intención del FP-14 en 551.10.c.

Se recomienda utilizar las palabras "desprendimientos o delaminaciones", dado que es el término técnico adecuado.



Se deben ~~usar~~ utilizar y manejar las corazas de acero o pilotes tubulares, de acuerdo con la Sección ~~551.10(b)(b) anterior~~. Las ~~zapatillas punteras~~ de corte para las corazas o tubos pueden estar dentro o fuera de ellos. Se ~~usará~~ debe utilizar acero estructural con alto contenido de carbón con un borde maquinado para soporte de las corazas o acero fundido con un borde diseñado para unirse con soldadura simple.

Cuando sea práctico, se ~~hincarán~~ deben hincar todos los pilotes o ~~tubos de pared delgada~~ corazas de un cimiento, antes de colocar concreto en cualquiera de las ~~corazas~~ tubos de pared delgada o ~~tubos pilotes~~. No se ~~hincarán~~ deben hincar ~~corazas de los tubos de pared delgada~~, o ~~tubos pilotes tubulares~~ a menos de 5 m de distancia de cualquier pilote tubular o de coraza relleno de concreto, hasta que el ~~concreto tenga una curación de por lo~~ concreto se haya curado durante al menos 7 días, o ~~de~~ 3 días si se usa concreto de alta resistencia temprana. No se ~~hincará~~ debe hincar ningún pilote tubular o ~~coraza pilote de tubo de pared delgada~~ después de haber sido relleno con concreto.

Se ~~removerán~~ debe remover y ~~repondrán~~ reponer corazas que sean determinadas como inacceptables para usarse, debido a grietas, curvaturas o torceduras.

551.09551.11 Empalmes

~~Se debe asegurar que las secciones de pilote estén alineadas al eje central del pilote.~~

~~Se someterán a aprobación previa los detalles de la construcción de las secciones del pilote y se cumplirán las especificaciones siguientes:~~

(a) Pilotes de acero

Se ~~exigirá~~ debe exigir una certificación de soldador para cada soldador. Para soldadura estructural sólo ~~podrán emplearse~~ se deben emplear soldadores certificados.

Se ~~alistarán~~ deben alistar las superficies que van a ser soldadas, dejándolas lisas, uniformes y libres de escamas sueltas, escoria, grasa o cualquier material que impida una soldadura apropiada. El acero ~~debe~~ puede ser cortado con oxiacetileno.

Para reparación de juntas también se pueden utilizar técnicas como el vaciado con

Comentado [FR42]: Se recomienda incluir referencia completa, para evitar confusiones por parte del lector.

Comentado [FR43]: Esto se incluye en FP-14 551.11 con respecto a FP-03 y se considera de suma importancia.

Se recomienda incluir frase en CR-2020 según se muestra.

Comentado [FR44]: Esto se elimina de FP-14 con respecto a FP-03.

Se recomienda su eliminación también en el CR-2020, según se muestra.



~~arco de carbón, cincelado o esmerilado, también pueden ser usados para preparar las juntas.~~

~~El proceso de soldadura cumplirá debe cumplir con la norma AASHTO /AWS, Bridge Welding Code D1.5M, o AASHTO/AWS, Structural Welding Code – Steel D1.1M. y/o AWS D1.5 del Código o norma de soldadura para Puentes. Se soldará debe soldar toda la sección transversal total del pilote para las juntas acanaladas, de acuerdo con la norma AWS con soldadura precalificada por AWS de penetración completa y a tope. sin dejar Se debe soldar de manera tal que no quede evidencia visual de grietas, falta de fusión, adelgazamiento, exceso de conductos, porosidad o un espesor inadecuado. No se deben utilizar empalmes prefabricados a menos que exista una aprobación por escrito o aparezca en planos. Empalmes~~

~~Los empalmes prefabricados pueden ser usados en lugar de juntas acanaladas soldadas en sitio con soldadura de penetración total completa a tope, siempre y cuando el Contratista pueda probar que desarrollan la capacidad completa del pilote en compresión, tensión y flexión.~~

~~Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, todo empalme mecánico sin soldadura debe utilizarse únicamente en pilotes bajo esfuerzos de compresión.~~

(b) Empalmes de pilotes de concreto

~~Usar Se deben utilizar~~ dovelas u otro medio mecánico aceptable para empalmar pilotes de concreto prefabricado o preesforzado. Se deben proporcionar los detalles de los empalmes propuestos para su aprobación.

Si se utilizan dovelas, se ~~colocan debe colocar~~ éstas en el extremo del pilote a empalmar, introduciéndolas en los agujeros correspondientes en la cabeza del pilote hincado. Se deben ~~aseerrar dentar~~ los agujeros para proporcionar un enlace

Comentado [FR45]: Tanto en FP-96, como en FP-03 y FP-14 se incluye el martillo y cincel como método de preparación de superficie.

Se recomienda realizar inclusión del método en CR-2020 según se muestra.

Comentado [FR46]: En FP-14 551.11.a se incluye, con respecto a FP-03, la posibilidad de utilizar el AASHTO/AWS D1.1M como referencia para soldadura.

Se recomienda incluirlo también en CR-2020 según se muestra.

Se recomienda también colocar el nombre de la norma o código, tal cual, para evitar confusiones y facilitar su búsqueda.

Comentado [FR47]: Esto se incluye en FP-14 551.11.b con respecto a FP-03 y se considera de suma importancia para asegurar que se utilice el empalme adecuado.

Se recomienda su inclusión en CR-2020 por su alta aplicabilidad en Costa Rica.

Comentado [FR48]: Esto se incluye en FP-14 551.11.b con respecto a FP-03 y se considera de suma importancia para asegurar la calidad de la soldadura.

Se recomienda su inclusión en CR-2020 por su alta aplicabilidad en Costa Rica.

Comentado [FR49]: AASHTO Construcción 2017 inciso 4.4.5.1 contiene indicaciones en cuanto a empalmes mecánicos de pilotes de acero, para evitar esfuerzos que puedan producir falla a tensión en dichos empalmes.

Se recomienda incluir lo subrayado en CR-2020, según se muestra y por considerarse de alta importancia para el adecuado funcionamiento de pilotes.



mecánico apropiado. ~~Separar~~ Se deben separar los extremos de los pilotes por lo menos 13 mm. Se ~~limpiarán~~ deben limpiar todas las superficies y agujeros del pasador o dovela. ~~Aplicar~~ Se debe aplicar una lechada para fijar los pasadores en su lugar y ~~esperar~~ se debe permitir a que la lechada cure. ~~Colocar~~ Se debe colocar formaleta en el empalme ~~y se debe inyectar la separación~~ inyecte con un adherente capaz de soportar el impacto y las fuerzas impulsoras, ~~debiendo el cual debe~~ tener la misma resistencia a la compresión ~~que el que los~~ pilotes empalmados. Se deben seguir las recomendaciones del fabricante con respecto al uso y al curado de lechadas y productos de adherencia.

Los empalmes ~~manufacturados~~ fabricados se deben adosar a los pilotes de concreto siguiendo las recomendaciones del fabricante. El empalme ~~soportará~~ debe soportar fuerzas en compresión, en tensión y flexión, ~~iguales~~ iguales o mayores a la resistencia del pilote empalmado.

(c) Extensiones de pilotes de concreto

(1) Pilotes de concreto prefabricado: Se ~~extenderán~~ deben extender los pilotes de concreto prefabricado removiendo el concreto al final del pilote y dejando 40 diámetros de armadura de acero expuesta. Se ~~removerá~~ debe remover el concreto para producir una cara perpendicular al eje del pilote. Se ~~amarrará~~ debe fijar la armadura de refuerzo, del mismo tamaño que la usada en el acero de refuerzo ~~del pilote de para la proyección~~ extensión del pilote. ~~Encofrar~~ Se debe encofrar la sección de la extensión con el fin de prevenir derrames de concreto a lo largo del pilote.

Inmediatamente antes de vaciar el concreto, ~~humedecer~~ se debe humedecer completamente la parte superior del pilote, y ~~cubrir~~ se debe cubrir con una capa delgada de cemento puro, un mortero ~~retemplado~~ mezclado o cualquier otro material adecuado para adherencia. Se ~~colocará~~ debe colocar concreto ~~de la misma mezcla, diseño del mismo~~ diseño de mezcla y calidad que el usado en el pilote. Se ~~dejará~~ debe mantener el encofrado en su lugar por no menos de 7 días después de vaciado el concreto. Se ~~curará~~ debe curar y ~~acabará~~ acabar la



extensión de acuerdo con lo especificado en la Sección 552 Concreto estructural.

- (2) Pilotes de concreto preesforzado: ~~Extender~~ Se deben extender los pilotes de concreto preesforzado como se indica ~~en 551.11 en el párrafo anterior~~ (b). ~~Incluir~~ Se debe incluir acero de refuerzo en la cabeza del pilote para empalmar las barras de extensión. No ~~deben hincarse~~ deben hincar pilotes de concreto ~~prefabricado y~~ preesforzado ~~extendiéndose en extensión~~.

- (d) Pilotes de madera:

No ~~se~~ deben empalmarse los pilotes de madera.

~~551.10~~ 551.12 Pilotes que emergen luego de hincarse

~~Deben~~ Se deben ~~revisarse~~ los pilotes que se elevan durante la operación de hincadura. Se ~~tomará~~ debe tomar una lectura del nivel inmediatamente después de que cada pilote es hincado ~~_(y también después de que~~ pilotes que han sido ~~hayan~~ hincados ~~pilotes~~ dentro de un radio de 5 m). Se ~~rehincarán~~ debe rehincar los pilotes que se eleven más de 13 mm ~~para pilotes de punta o 38 mm para pilotes de fricción. Rehincar a 5 mm en~~ la penetración o resistencia que estén especificadas.

~~551.11~~ 551.13 Pruebas de carga de pilotes

No se requieren pruebas de carga de ~~los~~ pilotes, a menos que se especifique lo contrario en el Contrato.

- (a) Pruebas de carga dinámica

~~Se debe contratar a un consultor especialista en pilotes, con 3 años de experiencia por lo menos, en pruebas de carga dinámica para que efectúe pruebas y las analice de acuerdo con el programa de análisis CAPWAP y la ecuación de hincadura, incluyendo el análisis especificado en la Subsección 551.03 Equipo para la hincada de pilotes, inciso b. Se debe presentar el curriculum vitae del consultor especialista, para su aprobación previa.~~

Comentado [FR50]: Se recomienda incluir la referencia completa para evitar confusiones y por facilidad de búsqueda.

Comentado [FR51]: En FP-14 551.12 se modifica, con respecto a FP-03, la especificación para el rehincado de pilotes.

Se recomienda realizar actualización en CR-2020 como se muestra (Eliminar lo tachado e incluir lo subrayado).

Comentado [FR52]: En FP-14 las cualificaciones se trasladan al inciso 551.03, con respecto a FP-03.

Se recomienda realizar el traslado también en CR-2020, como se muestra, a 551.03.



~~Se usará un refugio para proteger y resguardar el equipo para pruebas de carga dinámica. Se situará el refugio dentro de 15 m del sitio de prueba. El refugio tendrá piso de un tamaño mínimo de 6 m² y una altura al cielo raso de 2 m. Se mantendrá la temperatura interior entre 10 y 35 °C.~~

Se debe usar el equipo y realizar las pruebas de carga dinámica de acuerdo con la norma ASTM D4945, bajo la supervisión del ~~Contratante~~ responsable del contrato. ~~Se debe instalar el equipo de acuerdo con la sección 551.07.~~

~~Los pilotes designados como pilotes para prueba de carga se colocarán en posición horizontal y sin contacto con los otros pilotes. Perforar agujeros para montar los instrumentos cerca de la corona del pilote. Montar los instrumentos y tomar medidas de la velocidad de onda. Colocar los pilotes designados en las guías. Proveer una plataforma rígida de por lo menos 1,2 por 1,2 m con una baranda de seguridad de 1,1 m, que se pueda llevar a la parte superior del pilote.~~

Hincar ~~Se debe hincar~~ el pilote a la profundidad en la cual se alcanza la capacidad ~~última nominal~~ requerida, indicada por la prueba dinámica. En caso de ser necesario, mantener los esfuerzos del pilote por debajo de los valores de la Subsección 551.03 Equipo para la hincada de pilotes (b)(21), ~~reducir-se debe reducir~~ la energía de hincado transmitida al pilote usando amortiguadores adicionales o reduciendo la energía ~~de salida dgenerada en el martinete lle~~. Si se indica ~~la~~-hincada no axial, se ~~realinea-debe realinear inmediatamente~~ el sistema de hincado.

Por lo menos 24 horas después del hincado inicial, se debe re-hincar cada pilote de prueba dinámica con ~~el instrumental adherido~~ la instrumentación adherida. ~~Calentar~~ Se debe calentar el martinete antes de re-hincar, aplicando al menos 20 golpes a otro pilote. Se debe re-hincar el pilote de prueba dinámica con una penetración máxima de 75 mm, y un máximo de 20 ~~150 mm, y un máximo de 50~~ golpes o el rechazo práctico de hincado, lo que ocurra primero. El rechazo práctico de hincado se define ~~con como~~ 125 golpes por 25 mm para pilotes de acero; ~~108~~ 108 golpes por 25 mm; para pilotes de concreto; y 5 golpes por 25 mm; para pilotes de madera.

Verificar ~~Se deben verificar~~ las suposiciones usadas ~~inicialmente~~ en el análisis inicial de ~~la~~-ecuación de onda propuesta de acuerdo con la Subsección 551.03 Equipo

Comentado [FR53]: Esta especificación se elimina en FP-14 551.13.a con respecto a FP-03.

Se recomienda eliminar el párrafo del CR-2020, como se muestra.

Comentado [FR54]: Esta frase se incluye en FP-14 551.13(a) con respecto a FP-03.

Se recomienda incluir la frase en CR-2020 según se muestra, en el cuerpo del documento.

Comentado [FR55]: En FP-14, esta información se traslada a 551.07 desde 551.11.a de FP-03.

Se propone el traslado de esta información a 551.05 del CR-2020.

Comentado [FR56]: En FP-14 551.13.a se modifica esta especificación con respecto a FP-03.

Se recomienda aplicar modificación también en CR-2020 para mantener el documento actualizado.

Comentado [FR57]: En FP-14 551.13 se actualiza la cantidad de golpes requeridos para rechazo, con respecto a FP-03.

Se recomienda actualizar el CR-2020 según se muestra, incluyendo lo subrayado y eliminando lo tachado.



para la hincada de pilotes, inciso b, ~~usando CAPWAP mediante análisis de concordancia de ondas. Analizar~~ Se debe analizar un golpe de hincadura original, y un golpe de re-hincadura por cada pilote probado.

~~Efectuar~~ Se debe efectuar análisis de ecuación de onda adicionales con ajustes, basados en los resultados ~~CAPWAP del análisis de concordancia de ondas. Proveer~~ Se debe proveer un gráfico que muestre, el conteo de golpes contra la capacidad ~~final nominal~~. Para martinets de diésel de final abierto, se ~~efectuará~~ debe efectuar un conteo de golpes contra un gráfico de golpes a su capacidad ~~última nominal~~. Se ~~efectuarán~~ deben indicar los esfuerzos de hincadura, energía transferida y capacidad del pilote, como ~~una~~ función de la profundidad para cada prueba de carga dinámica.

~~Basándose~~ Con base en los resultados de la prueba dinámica de carga, análisis ~~CAPWAP de concordancia de ondas~~ y análisis de ecuación de onda, se ~~aprobará puede aprobar~~ o ~~se rechazará~~ rechazar el criterio de hincadura, la orden del pedido y la elevación requerida; o ~~se pueden solicitar~~ especificar o pedir pilotes de prueba y pruebas de carga adicionales. Esta información se ~~entregará~~ debe entregar dentro de los 7 días después de recibida la orden respectiva, con toda la información requerida ~~de para~~ pruebas ~~para de~~ los pilotes de pruebas hincados.

(b) Prueba de carga estática

Se realizarán pruebas de carga estática ~~de acuerdo con de acuerdo a~~ ASTM D1143, usando el método de prueba rápida de carga, excepto como se indica posteriormente. Se ~~deben someter~~ someterán planos del aparato propuesto de carga, para su aceptación de acuerdo con lo siguiente:

- (1) Planos preparados por un Ingeniero profesional.
- (2) Provisión de un sistema de carga capaz de aplicar 150 % de la capacidad ~~última nominal~~ del pilote o 9000 kN, cual-quiera que sea menor.
- (3) Construcción de un aparato que permita incrementos de carga aplicados gradualmente, sin causar vibraciones en el pilote de prueba.

Comentado [FR58]: Se recomienda cambiar la redacción a verbos infinitivos: "debe + infinitivo", o "se debe + infinitivo".



~~Se deben realizar pruebas al menos 5 días luego de que el pilote se haya hincado, a menos que el ente encargado del contrato lo haya aprobado.~~ Cuando se requieren pilotes de tensión (ancla), se ~~elevarán-pueden colocar~~ en el lugar de los pilotes permanentes, cuando sea factible. No ~~deben usarse~~ deben utilizar pilotes cónicos o de madera instalados en ~~lugares-la ubicación de pilotes~~ permanentes, como pilotes de tensión. Se ~~harán-deben realizar~~ pruebas de caída de émbolo o ~~se medirá-lade~~ capacidad de carga del sistema, ~~cualquiera-el~~ que ocurra primero.

La carga ~~axial-permitidasoportante nominal~~ del pilote, se define como el 50 % de la carga de falla. La carga de falla se define como sigue:

- Para pilotes de 600 mm o menos de diámetro, o de ancho en diagonal, ~~la carga que produce falla de la cabeza del pilote debe ser~~ la carga que produce un asentamiento a la falla del cabezal del pilote igual a:

$$S_f = S + (3,8 + 0,008 D)$$

- Para pilotes con un diámetro o un ancho diagonal mayor de 600 mm, ~~la carga que produce un asentamiento a la falla del cabezal del pilote igual a debe ser:~~

$$S_f = S + D/30$$

En donde:

S_f = Asentamiento ~~a la falla de caída~~ en mm

D = Diámetro del pilote o ancho diagonal en mm

S = Deformación elástica del pilote en mm

Se ~~determinará-debe determinar~~ la elevación ~~superior-del extremo superior~~ del pilote de prueba inmediatamente después de hincar y de nuevo antes de la prueba de carga para determinar ~~si ha habido-el~~ levantamiento. Se ~~esperará-debe esperar~~ un mínimo de 3 días entre el hincado de cualquier anclaje o pilote de prueba y el inicio de la prueba de carga. Antes de hacer pruebas, se ~~debe~~ debe re-hincará a la elevación original cualquier pilote que se eleve más de 6 mm.

Comentado [FR59]: Esto se incluye en FP-14 551.13.b con respecto a FP-03.

Se recomienda su inclusión en CR-2020, como se muestra.



Después de completar la prueba de carga se ~~removerá~~ debe remover o ~~cortará~~ cortar cualquier pilote de prueba o anclaje que no sea parte de la estructura a, por lo menos, ~~600 mm~~ 0,5 m bajo la parte ~~superior~~ inferior de la fundación o de la elevación final del suelo terminado.

Comentado [FR60]: Cambio por traducción de unidades.

~~Con base en los resultados de la prueba de carga estática, la lista de solicitudes y la producción, los criterios de hincado pueden ser aprobados y las elevaciones de corte pueden ser especificadas o se pueden especificar pruebas de carga adicionales. Basándose en los resultados de la prueba de carga estática la solicitud del criterio de hincadura y la ejecución, en la elevación final, los pilotes pueden ser aprobados o requerirse pruebas de carga adicionales. Esta información debe darse ser entregada dentro de los 7 días después de recibida la lista de solicitudes, así como los resultados de los ensayos del pilote de prueba a la solicitud, así como toda la información requerida para los pilotes de prueba hincados.~~

Comentado [FR61]: Se propone realizar los cambios mostrados como una mejor traducción del documento base.

~~Según AASHTO, LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition, se debe especificar en el contrato cuál será el método para definir falla de una prueba estática, a menos que esto lo defina el ingeniero encargado. La producción de pilotes subsecuentes se debe basar en el resultado de las pruebas de carga. Cuando se indique, las pruebas de tensión estática deben ser llevadas a cabo bajo la norma ASTM D3689. En caso de que se especifiquen pruebas de carga lateral, estas deben ser llevadas a cabo bajo la norma ASTM D3966.~~

Comentado [FR62]: En AASHTO Construcción 2017, inciso 4.4.4.2 se incluyen instrucciones adicionales para el criterio de falla de la prueba de carga estática, con el fin de evitar el uso de pruebas estáticas que no produzcan resultados confiables.
Se recomienda su inclusión al CR-2020 por su aplicabilidad en las construcciones nacionales.

551.12551.14 Corte de pilotes

~~Cortar~~ Se deben cortar las cabezas de los pilotes permanentes y las corazas de los pilotes a la elevación requerida.

~~Cortar~~ Se debe cortar limpia, recta y paralelamente el pilote de manera limpia y recta, paralelamente a la cara inferior del elemento miembro estructural en el cual los pilotes son empotrados. ~~Eliminar~~ Se deben eliminar los cortes sobrantes ~~de acuerdo con de acuerdo a~~ la Subsección 203.05(a).

Comentado [FR63]: Se recomienda cambiar redacción a la forma correcta de preposición: de acuerdo con

~~Material de desecho, inciso a:~~

Comentado [FR64]: Se recomienda mantener nomenclatura de incisos según se enumera en los títulos para fácil acceso.



4.(a) Pilotes de acero: No ~~se debe~~ pintar la parte del pilote que quede empotrada en el concreto. Antes de pintar el pilote de acero expuesto, se debe limpiar cuidadosamente la superficie de metal de manera que no quede ninguna sustancia que impida que la pintura se adhiera. Se ~~usará-debe utilizar~~ el sistema 2 de pintura de color aluminio, de acuerdo a lo especificado en Sección 563 Pintura. ~~Se deben~~ ~~p~~ Pintar porciones del caballete completo o de otros pilotes expuestos, hasta no menos de 1 metro debajo de la superficie final del terreno, o del nivel de agua, con una primera capa de base y dos capas ~~finalesde acabado~~. Las capas se deben aplicar en el campo; antes que el pilote sea hincado. Los pilotes expuestos sobre la superficie final del terreno o del nivel de agua, se ~~pintarán-deben pintar~~ con una capa final de pintura de acabado.

2.(b) Pilotes de madera: ~~Tratar-se deben tratar~~ las cabezas de los pilotes de madera que no vayan a quedar empotradas en el concreto, con alguno de los siguientes métodos:

- (1) ~~Reducir-Se puede reducir~~ el contenido de humedad de la madera a no más de un 25 %, sin humedad libre en la superficie. ~~Aplicar-Se debe aplicar~~ con brocha una solución de creosota y alquitrán de hulla, como se requiere en los estándares AWPA.

~~Construir-Se debe construir-arribagenerar~~ una capa protectora aplicando capas ~~alternativas-alternadas~~ de tela de algodón ~~suelto-holgada~~ y asfalto caliente o alquitrán, en forma similar a una membrana a prueba de agua, usando 3 capas de asfalto o alquitrán y 2 capas de tela de algodón. La tela ~~deberá-debe~~ ser por lo menos 150 mm más ancha en cada dirección que el ancho del pilote. ~~Doblar~~ ~~Se debe doblar~~ la tela hacia abajo sobre el pilote y ~~fijar-se deben fijar~~ los bordes con dos vueltas de alambre galvanizado de un diámetro mínimo de 3 mm. ~~Aplicar~~ ~~Se debe aplicar~~ luego una capa final de asfalto o alquitrán, para cubrir el alambre. ~~Recortar-Se debe recortar~~ limpiamente la tela debajo de los alambres.

Comentado [FR65]: Esto se elimina de FP-14 con respecto a FP-03, sin embargo, se considera importante que exista alguna especificación en cuanto a la protección contra la corrosión de los pilotes de acero.

Se recomienda mantener este párrafo en CR-2020.



(2) ~~Cubrir~~ Se puede cubrir la superficie aserrada con 3 aplicaciones de una mezcla caliente de 60 % de creosota y 40 % de alquitrán caliente o, cuidadosamente, aplicar con brocha 3 capas de creosota caliente y cubrir con alquitrán caliente. ~~Colocar~~ Se debe colocar una tapa de lata de metal galvanizado sobre la capa aplicada y ~~doblar~~ Se debe doblar hacia abajo sobre los lados de cada pilote.

Según AASHTO LRFD, Bridge Construction Specifications, 4th Edition, todos los cortes, incisiones y orificios ocasionados por la remoción de clavos o puntas que puedan penetrar en la zona de tratamiento de la madera, así como orificios para conexiones, deben ser tratados mediante aplicación de cemento de alquitrán de hulla para techos que cumpla con ASTM D5643.

551.43551.15 Pilotes rechazados

~~Se debe c~~Corregir los pilotes rechazados aplicando un método aprobado. Los métodos para corregir estos pilotes pueden ser uno o más de los siguientes:

- (a) ~~Usar~~ Se puede utilizar el pilote ~~con a una~~ capacidad reducida
- (b) ~~Instalar~~ Se pueden instalar pilotes adicionales
- (c) ~~Reparar~~ Se pueden reparar pilotes dañados
- (d) ~~Sustituir~~ Se pueden sustituir pilotes dañados

551.44551.16 Colado de concreto en corazas o pilotes tubulares

Después del hincado, se debe limpiar el interior de las corazas y pilotes tubulares removiendo todo material suelto. ~~Mantener~~ Se debe mantener la coraza y los pilotes tubulares sellados ~~al~~ Se debe evitar el ingreso de agua en cuanto ~~es sea~~ se pueda posible. Se debe eliminar toda el agua antes de la colocación de concreto, o se debe colocar concreto utilizando una tubería tipo "tremie" cuando exista agua presente. ~~Proveer~~ Se debe proveer equipo apropiado para inspeccionar interiormente la superficie completa de la coraza o pilote tubular hincado, ~~inmediatamente~~ Se debe inspeccionar antes de vaciar el concreto.

Comentado [FR66]: Esto se indica en AASHTO Construcción 2017, inciso 4.4.7.2 y se considera de gran importancia para proteger los pilotes de madera en caso de que su tratamiento sufra de perforaciones, pues se pueden producir deficiencias en los puntos sin tratamiento que con el tiempo pueden afectar áreas mayores en el pilote.

Se recomienda incluir al CR-2020 como se muestra.



- (a) Acero de refuerzo: Cuando se requiera acero de refuerzo, su espaciamiento debe ser de por lo menos 5 veces el tamaño máximo del agregado en el concreto.

~~Amarrar~~ Se debe amarrar firmemente los espaciadores de concreto, o cualquier otro espaciador aprobado, en 5 puntos alrededor del perímetro de la ~~canasta~~ jaula de acero de refuerzo. ~~Instalar~~ Se deben instalar espaciadores a intervalos que no excedan ~~los de~~ 3 m medidos a lo largo de la longitud ~~del encofrado de la armadura~~. ~~Colocar~~ Se debe colocar la ~~jaula~~ canasta de refuerzo en la coraza o pilote tubular hincado cuando el concreto alcance la elevación inferior planeada para el refuerzo. ~~Soportar~~ Se debe soportar el refuerzo de manera que quede dentro de 50 mm de la ubicación vertical requerida. ~~Soportar~~ Se debe soportar la ~~jaula~~ canasta desde arriba hasta que el concreto alcance la parte superior del pilote.

- (b) Concreto: ~~El~~ Se debe preparar el concreto ~~se preparará~~ de acuerdo con la Sección 552 Concreto estructural. ~~Colocar~~ Se debe colocar el concreto en una operación continua desde el fondo hacia arriba del pilote. Antes del fraguado inicial del concreto se deben compactar los 3 m de superiores del pilote de concreto ~~usando~~ utilizando un equipo vibratorio que haya sido aprobado.

551.1551.17 Aceptación

~~La Administración aceptará los trabajos cuando compruebe que se han realizado a satisfacción el cumplimiento de todas las especificaciones anteriores, la atención adecuada de las recomendaciones ambientales correspondientes, las normas de seguridad vial y de protección de obras, las normas de seguridad ocupacional, el adecuado desarrollo de los procesos constructivos y el cumplimiento de la calidad de los materiales suministrados, así como el suministro de equipo y herramientas con buen estado y desempeño, utilizados para el desarrollo de todo lo indicado en esta sección, las Subsecciones 106 Control del material y 153.04 Plan de Control de Calidad.~~

~~De manera que:~~

- (a) El material de los pilotes ~~será~~ debe ser evaluado ~~en las~~ bajo las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.03 Certificación.

Comentado [FR67]: Se recomienda cambiar la palabra jaula por "canasta", considerada como una mejor traducción.

Comentado [FR68]: Esto no se encuentra en FP-14, FP-03 o FP-96.

Se recomienda eliminar el párrafo del CR-2020, dado que ya es implícito que se deben cumplir todos los requerimientos anteriores para la construcción de pilotes hincados.

Comentado [FR69]: Revisar que las referencias a las secciones se mantengan vigentes una vez que se haya actualizado todo el CR-2020.



(b) Se deben proveer certificaciones de producción con cada embarque de lo siguiente:

- a) Pilotes prefabricados de concreto.
- b) ~~Pilotes de cubierta de acero~~ Tablaestacado, perfil H, ~~cubiertas pilotes de pared delgada~~ de acero, y tubos de acero.
- c) Pilotes de madera tratada. Marcar cada pilote con una seña de identificación y con la fecha de inspección.

a) El hincado de pilotes y el trabajo relacionado con ello serán evaluados según las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada.

b) El concreto para corazas de acero y pilotes tubulares serán evaluados según la Sección 552 Concreto estructural.

c) Acero de refuerzo para corazas de acero o pilotes tubulares será evaluado con la Sección 554 Acero de refuerzo.

551.16 ~~551.18~~ Medición

Se ~~deberán~~ deben medir los ítems de la Sección 551 Hincado de pilotes, para efectos de aceptación o pago los materiales, insumos y actividades, de acuerdo con las Subsecciones 110.01 Método de medición, 110.02 Unidades de medición y definiciones, 110.04 Procedimiento de recepción, o lo que en su defecto establezca el ente encargado del contratista Administración.

- La medición de los pilotes se ~~hará~~ debe realizar de conformidad con los ítems de la Sección 551 enumerados en la oferta según la Subsección 110.02 por metro o por unidad. Cuando la medida sea por metro, se ~~medirá~~ debe medir la longitud del pilote desde el corte de elevación hasta la punta.
- ~~Se medirán las pruebas de carga de pilote por unidad o por suma global.~~
- ~~Se medirá la perforación previa por metro.~~
- Se ~~medirán~~ deben medir los empalmes por unidad, si son requeridos para hincar pilotes en exceso de la elevación estimada de la punta.

Comentado [FR70]: Revisar referencia una vez que se haya actualizado el CR-2020

Comentado [FR71]: La subsección 551.18 del FP-14 es distinta al FP-03 y al CR-2020.

Queda bajo criterio de la UNAT si es recomendable mantener el contenido actual de la subsección 551.19 del CR-2020 para mantener los métodos de medición acostumbrados.

Comentado [FR72]: Revisar referencias una vez que se haya actualizado todo el CR-2020.

~~Se medirán los pilotes de prueba por metro o por unidad.~~

551.17551.19 Pago

El pago constituirá la plena compensación por todos los recursos involucrados para su ejecución: suministro y acarreo de todos los materiales, operaciones necesarias para la obtención, producción, apilamiento, almacenamiento y colocación de materiales; maquinaria, equipo y personal necesarios, así como la señalización preventiva de protección de obra y cualquier otra actividad necesaria para la adecuada y correcta realización de las actividades contempladas en esta sección. Lo anterior, con excepción de aquellos casos para los cuales algunos de esos recursos se paguen de forma separada, indicados así en el Cartel de licitación o en este manual.

Las cantidades aceptadas, medidas según las disposiciones que anteceden, serán pagadas al precio del contrato por unidad de medida o suma global de acuerdo con los renglones de pago establecidos a continuación, excepto el concreto de relleno de corazas de acero y pilotes de acero, que será ajustado de acuerdo a la Subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo).

El pago será la compensación total por el trabajo descrito en esta Sección y de conformidad con la Subsección 110.05 Alcance de pago.

El pago para los pilotes de concreto vaciado o de corazas de acero se hará a un precio determinado, multiplicando el precio unitario del Contrato por un factor de pago ajustado (PFa) que se determina como sigue:

$$PFa = 1 - 0,5 (1 - PF)$$

Donde:

PF = Factor de pago por concreto, como se determina en esta Sección, en 551.17 Pago

El pago se hará como sigue:

| Renglón de pago | Unidad de medida |
|-----------------|------------------|
|-----------------|------------------|

Comentado [FR73]: En FP-14 se modifica el contenido de 551.18 con respecto a FP-03.

Se recomienda realizar el mismo cambio en CR-2020 según se muestra (incluyendo lo subrayado y eliminando lo tachado).

Comentado [FR74]: La subsección 551.19 del FP-14 es distinta al FP-03 y al CR-2020.

Queda bajo criterio de la UNAT si es recomendable mantener el contenido actual de la subsección 551.19 del CR-2020 para mantener los métodos de pago acostumbrados.



| | | | |
|------------------|----------------------------|--------------|-------|
| CR.551.01 | Pilotes hincados | Metro lineal | (m) |
| CR.551.02 | Pilotes hincados | Unidad | (u) |
| CR.551.03 | Pilotes de prueba de carga | Unidad | (u) |
| CR.551.04 | Pilotes de prueba de carga | Suma global | (Gbl) |
| CR.551.05 | Perforación previa | Metro lineal | (m) |
| CR.551.06 | Empalmes | Unidad | (u) |
| CR.551.07 | Pilotes de prueba | Metro lineal | (m) |
| CR.551.08 | Pilotes de prueba | Unidad | (u) |